

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 717 934

(21) N° d'enregistrement national :

94 03343

(51) Int Cl<sup>8</sup> : G 08 G 5/04

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 22.03.94.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 29.09.95 Bulletin 95/39.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : Société dite : SEXTANT AVIONIQUE  
— FR.

(72) Inventeur(s) : Faivre François — Thomson-CSF SCPI  
et Denoize Xavier — Thomson-CSF SCPI.

(73) Titulaire(s) :

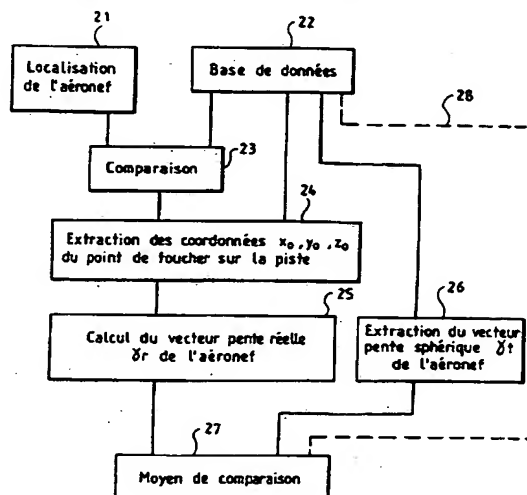
(74) Mandataire : Lucas Laurent.

(54) Dispositif d'évitement de collisions pour aéronef notamment avec le sol par contrôle de pente d'approche.

(57) L'invention concerne un dispositif d'évitement de collisions pour aéronef notamment avec le sol par contrôle de pente d'approche.

Le dispositif comprend au moins des moyens (21) de localisation de l'aéronef, une base de données (22), des premiers moyens de comparaison (23), des moyens d'extraction (24) des coordonnées du point de toucher sur la piste, des moyens de calcul (25) du vecteur pente réelle de l'aéronef, des moyens d'extraction (26) du vecteur pente théorique de l'aéronef et des deuxièmes moyens de comparaison (27) comparant les vecteurs pentes.

Application: Notamment des avions de ligne en approche terminale sur un terrain.



FR 2 717 934 - A1



**DISPOSITIF D'EVITEMENT DE COLLISIONS  
POUR AERONEF NOTAMMENT AVEC LE SOL  
PAR CONTROLE DE PENTE D'APPROCHE**

5           La présente invention concerne un dispositif d'évitement de collisions pour aéronef notamment avec le sol par contrôle de pente d'approche. Elle s'applique notamment à des avions de lignes en approche terminale sur un terrain. Plus généralement, elle s'applique à tous aéronefs amenés au cours de leur mission à se rapprocher trop près du sol, dans le  
10 cas de proximité de montagnes par exemple, ou à évoluer dans des secteurs de l'espace aérien dans lesquels ils représentent un danger ou sont eux-mêmes en danger, que l'aéronef soit en phase de décollage, de vol ou d'atterrissage.

          Des dispositifs d'évitement de collision entre le sol et des  
15 aéronefs sont connus. Ces dispositifs se caractérisent principalement par l'utilisation de radioaltimètres, de calculateurs donnant la hauteur barométrique à partir de mesures de pression et de température, et de moyens de navigation tels qu'une centrale à inertie ou un système de gestion du vol. Le principe de ces dispositifs réside dans l'exploitation d'une  
20 hauteur altimétrique, prise par rapport au sol, et dans l'exploitation des variations de la hauteur radioaltimétrique ou barométrique. Cette dernière est notamment utilisée à cause de sa plus grande précision pour les hauteurs importantes par rapport à la variation de hauteur altimétrique. Ces distances par rapport au sol sont comparées à des valeurs de seuil qui  
25 dépendent elles-mêmes des valeurs de hauteurs et de la configuration de l'avion, suivant que son train, ses volets ou ses becs sont sortis par exemple. Lorsque les paramètres mesurés, hauteurs et variations de hauteurs en fonction du temps notamment, dépassent les valeurs de seuils, une alarme est émise à destination de l'équipage. Cependant, de tels  
30 dispositifs présentent l'inconvénient de donner des mesures trop tardives par rapport à l'évolution de l'avion donc de générer des alarmes souvent trop tardives empêchant les équipages de réagir à temps et susceptibles en conséquence de ne pas empêcher des collisions. Un autre inconvénient des dispositifs connus est qu'ils génèrent des alarmes injustifiées, encore  
35 appelées fausses alarmes. Celles-ci peuvent notamment intervenir quand les avions survolent un terrain avec un bonne hauteur de sécurité mais où

les remontées de relief par exemple, pourtant sans danger, provoquent ces fausses alarmes. Celles-ci diminuent gravement la crédibilité de ces dispositifs anticollision.

Des améliorations ont été apportées à ces derniers, notamment  
5 en introduisant des bases de données qui permettent de moduler la valeur des seuils à prendre en compte en fonction de la position géographique des avions. Ces améliorations sont susceptibles de diminuer les fausses alarmes. Cependant, elles nécessitent des bases de données adaptées à chaque type de terrain. Dans la continuité de cette dernière solution, il est  
10 envisageable de disposer d'un modèle numérique de terrain qui permettrait de connaître en permanence en fonction de sa position, la nature du relief en amont d'un avion. Néanmoins, l'utilisation d'un tel modèle nécessite une base de données décrivant le relief de façon suffisamment précise, donc demandant des mémoires de grande taille. A cet inconvénient, s'ajoute la  
15 nécessité de procédures d'échanges et de mises à jour d'une telle base de données, ce qui complique son utilisation. Le grand nombre d'informations stockées implique par ailleurs des risques d'erreurs non négligeables.

Enfin, un dernier inconvénient réside dans le fait que pour limiter les risques de fausses alarmes, les dispositifs d'évitement précités sont  
20 généralement mis hors service en dessous d'une certaine altitude, lors de l'atterrissage notamment, cela est dû au fait que l'opération nécessite de se rapprocher du sol mais ne permet des variations importantes de la trajectoire, notamment vers le bas compte-tenu de la présence d'obstacles et du terrain.

25 Le but de l'invention est de pallier les inconvénients précités, notamment en s'affranchissant des aléas de variations de reliefs en déterminant la position de l'aéronef non plus par rapport au sol, mais par rapport à des altitudes de sécurité connues et en rendant le dispositif d'évitement opérationnel jusqu'à proximité du sol en jouant sur le contrôle de  
30 la pente de la trajectoire permettant à l'aéronef de rejoindre une piste d'atterrissage.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif d'évitement de collisions pour un aéronef, à l'approche d'une piste, caractérisé en ce qu'il comprend au moins :

35 - des moyens de localisation de l'aéronef ;

- une base de données contenant des informations relatives à la piste et aux procédures associées ;

- des premiers moyens de comparaison reliés aux moyens de localisation et à la base de données, comparant la position de l'aéronef avec  
5 des informations contenues dans la base de données ;

- des moyens d'extraction des coordonnées du point de toucher sur la piste reliés aux premiers moyens de comparaison ;

- des moyens de calcul du vecteur pente réelle de l'aéronef reliés aux moyens d'extraction ;

10 - des moyens d'extraction du vecteur pente théorique de l'aéronef reliés à la base de données ;

- des deuxièmes moyens de comparaison reliés aux moyens de calcul du vecteur pente réelle et aux moyens d'extraction du vecteur pente théorique, comparant le vecteur pente réelle et le vecteur pente théorique.

15 L'invention a pour principaux avantages qu'elle permet de prédire les risques d'écart de trajectoire et par conséquent ceux de collision et contribue donc à diminuer les temps de réaction des équipages vis à vis de ces risques, qu'elle diminue le nombre de fausses alarmes, qu'elle améliore la fiabilité des systèmes d'anticollision, qu'elle s'adapte à tous types de  
20 reliefs, de secteurs d'espaces aériens ou de contraintes de navigation et qu'elle ne nécessite pas de systèmes au sol d'aide à l'atterrissage.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui suit faite en regard des dessins annexés qui représentent :

25 - la figure 1, un exemple d'application d'un dispositif selon l'invention ;

- la figure 2, un synoptique d'un dispositif selon l'invention ;

- la figure 3, un aéronef dans sa phase d'atterrissage ;

- la figure 4, un exemple de réalisation d'un dispositif selon  
30 l'invention.

La figure 1 illustre un exemple d'application du dispositif selon l'invention, pour l'atterrissage sur un aéroport 1, la figure 2 présentant un synoptique d'un dispositif selon l'invention. Le dispositif selon l'invention comporte des moyens de localisation 21 de la position géographique de  
35 l'aéronef qu'il équipe, en fait les trois coordonnées d'espace de ce dernier. Il

comprend aussi une base de données 22 contenant par exemple des informations relatives aux pistes des aéroports et les procédures associées, par exemple pour tous les aéroports du monde ou seulement ceux susceptibles de concerner l'aéronef. Plus précisément, la base de données

5 22 contient les informations relatives à l'altitude du seuil de la piste 2, le cap de la piste et la pente d'approche prévue par les procédures, et cela pour toutes les pistes de chaque aéroport enregistré.

A des instants réguliers par exemple, des premiers moyens de comparaison 23 comparent la position de l'aéronef avec les informations de

10 la base de données 22, les moyens de comparaison 23 étant reliés à cette dernière et aux moyens de localisation 21. Quand le résultat de la comparaison indique la présence d'un aéroport 1 dans le voisinage, conformément à la route établie pour l'aéronef, cette route étant par exemple mémorisée dans les moyens de localisation 21 ou dans tout autre moyen de

15 mémorisation, des moyens 24 d'extraction des coordonnées  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$  du point de toucher sur la piste fournissent ces coordonnées. Avant d'engager l'atterrissage, l'aéronef peut emprunter une voie aérienne d'attente 3, puis s'engager dans un couloir d'atterrissage 4 pour atterrir sur une piste 2.

La figure 3 illustre un aéronef 31 dans sa phase d'atterrissage.

20 Les moyens de localisation 21 permettent notamment d'obtenir les coordonnées d'espace  $x_a$ ,  $y_a$ ,  $z_a$  de l'aéronef 31 ayant un vecteur vitesse  $V$ . Les moyens d'extraction 24 permettent d'obtenir les coordonnées  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$  du point de toucher sur la piste 2, ces coordonnées sont par exemple mémorisées dans la base de données 22. Pour pouvoir extraire ces

25 données, les moyens d'extraction 24 sont reliés à cette base de données 22. Des moyens 25 de calcul du vecteur pente réelle  $\bar{\gamma}_r$  de l'aéronef 31 sont reliés aux moyens d'extraction 24. Les composantes du vecteur pente réelle  $\bar{\gamma}_r$  sont notamment proportionnelles aux différences de coordonnées  $x_a - x_0$ ,  $y_a - y_0$ ,  $z_a - z_0$ .

30 Des moyens 26 d'extraction du vecteur pente théorique  $\bar{\gamma}_t$  de l'aéronef sont reliés à la base de données 22. Ces moyens 26 vont alors rechercher dans la base de données 22 le vecteur pente théorique  $\bar{\gamma}_t$  que devrait avoir l'aéronef 31 en fonction des procédures d'atterrissage sur la piste considérée, enregistrées dans la base de données. Dans l'exemple de

la figure 2, les moyens 26 d'extraction de la pente théorique permettent d'obtenir la pente théorique  $\bar{\gamma}_t$  pour la piste 2 d'atterrissage de l'aéronef 31.

Des deuxièmes moyens de comparaison 27 sont reliés aux moyens 25 de calcul du vecteur pente réelle  $\bar{\gamma}_r$  de l'aéronef et aux moyens  
 5 26 d'extraction du vecteur pente théorique  $\bar{\gamma}_t$ . Ces deuxièmes moyens 27 comparent ces deux vecteurs  $\bar{\gamma}_r$  et  $\bar{\gamma}_t$  en élaborant par exemple d'abord le calcul de l'écart horizontal  $\varepsilon_H$  d'une part et de l'écart vertical  $\varepsilon_V$  d'autre part, puis en effectuant une comparaison de l'écart horizontal  $\varepsilon_H$  avec un premier seuil d'une part et une comparaison de l'écart vertical avec un  
 10 deuxième seuil d'autre part. Les moyens de comparaison 27 peuvent par exemple délivrer les écarts calculés  $\varepsilon_H$ ,  $\varepsilon_V$  à des moyens d'affichage à la disposition de l'équipage de l'aéronef. Quand l'écart horizontal  $\varepsilon_H$  devient supérieur au premier seuil, une alarme est par exemple produite. Cette alarme est par exemple transmise à l'équipage de l'aéronef par des moyens  
 15 visuels et/ou sonores. Un message visuel et/ou sonore peut dans ce cas être "alarme de type approche". Quand l'écart vertical  $\varepsilon_V$  devient supérieur au deuxième seuil, une alarme est par exemple produite. Cette alarme est par exemple transmise à l'équipage par des moyens visuels ou sonores. Un message visuel ou sonore peut dans ce cas être "alarme de type terrain".  
 20 Les premier et deuxième seuils précités auxquels sont comparés les écarts  $\varepsilon_H$ ,  $\varepsilon_V$  sont soit des valeurs théoriques connues a priori, soit des valeurs contenues dans la base de données 22. Dans ce dernier cas, une liaison 28 est nécessaire entre la base de données 22 et les deuxièmes moyens de comparaison 27.

25 Afin de limiter les risques de fausses alarmes, le dispositif selon l'invention n'est par exemple activé qu'en dessous d'une certaine hauteur. Au-dessus de cette hauteur, tous types de systèmes d'anticollision avec le sol peuvent être utilisés.

En plus des moyens représentés à la figure 2, le dispositif  
 30 comporte par exemple des moyens lui permettant de comparer son cap avec les caps 32 des pistes de l'aéroport. Si aucune piste située au voisinage de l'aéronef ne possède un cap égal au cap de l'avion, une alarme peut être par exemple produite, un message visuel et/ou sonore peut dans ce cas être en alignement.

Ces moyens permettent par ailleurs d'évaluer la piste sur laquelle l'aéronef est en approche. Cela permet donc par la suite aux moyens d'extraction du dispositif selon l'invention de prendre en compte les paramètres et procédures liés à la piste d'atterrissage reconnue.

5           La figure 4 présente un mode de réalisation possible d'un dispositif selon l'invention. Les moyens de localisation 21 sont par exemple constitués d'un dispositif de navigation standard 41 et d'un récepteur de navigation satellite 42, ce dernier servant notamment à améliorer la précision de la localisation.

10           Les premiers moyens de comparaison 23, les moyens 24 d'extraction des coordonnées du point de toucher sur la piste, les moyens 25 de calcul du vecteur pente réelle de l'aéronef, les moyens 26 d'extraction du vecteur pente théorique, les deuxièmes moyens de comparaison 27 et les  
15           moyens de comparaison des caps de l'aéronef et des pistes sont par exemple constitués par un calculateur 43 relié à la base de données 22, au dispositif de navigation standard 41 et au récepteur de navigation satellite 42. Le calculateur 43 est par exemple relié à des moyens sonores 44 à qui il transmet des messages d'alarme par exemple. Le calculateur 43 est aussi  
20           par exemple relié à des moyens de visualisation 45 reproduisant à partir des données fournies par le calculateur des informations d'écartométrie et du guidage ainsi que des messages d'alarme par exemple.

          Le dispositif selon l'invention permet d'assurer la fonction d'anticollision avec le sol aux faibles altitudes avec efficacité et sans un taux de fausses alarmes significatif. Cette fonction peut être assurée sur  
25           l'ensemble des aéroports avec un besoin d'installation au sol très limité. En effet, il peut être envisagé de faire fonctionner le dispositif sans station au sol pour chaque piste ou pour chaque aéroport. Les performances peuvent cependant être améliorées grâce à une station au sol régionale ou locale.

          L'exemple d'application précédemment décrit du dispositif selon  
30           l'invention concerne un atterrissage. Cependant, le dispositif selon l'invention peut aussi être appliqué dans le cas d'un décollage, notamment pour s'assurer que sa pente de décollage est bien conforme aux procédures prévues. Plus généralement le dispositif selon l'invention peut s'appliquer à toutes phases de vol comprenant des trajectoires à pentes.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif d'évitement de collisions pour un aéronef (31), à l'approche d'une piste (2), caractérisé en ce qu'il comprend au moins :
- 5           - des moyens (21) de localisation de l'aéronef ;
- une base de données (22) contenant des informations relatives à la piste et aux procédures associées ;
- des premiers moyens de comparaison (23) reliés aux moyens (21) de localisation et à la base de données (22), comparant la position de
- 10 l'aéronef avec des informations contenues dans la base de données (22);
- des moyens d'extraction (24) des coordonnées ( $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ ) du point de toucher sur la piste (2) reliés aux premiers moyens de comparaison (23) ;
- des moyens (25) de calcul du vecteur pente réelle ( $\gamma_r$ ) de
- 15 l'aéronef (31) reliés aux moyens d'extraction (24) ;
- des moyens (26) d'extraction du vecteur pente théorique ( $\gamma_t$ ) de l'aéronef (31) reliés à la base de données (22) ;
- des deuxièmes moyens de comparaison (27) reliés aux moyens de calcul (25) du vecteur pente réelle et aux moyens d'extraction (26) du
- 20 vecteur pente théorique, comparant le vecteur pente réelle ( $\gamma_r$ ) et le vecteur pente théorique ( $\gamma_t$ ).
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les deuxièmes moyens de comparaison (27) élaborent le calcul de l'écart
- 25 horizontal ( $\varepsilon_H$ ) entre les deux vecteurs pente ( $\gamma_r$ ,  $\gamma_t$ ) puis comparent cet écart avec un seuil.
3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les deuxièmes moyens de comparaison
- 30 (27) élaborent le calcul de l'écart vertical ( $\varepsilon_V$ ) entre les deux vecteur pente ( $\gamma_r$ ,  $\gamma_t$ ) puis comparent cet écart avec un seuil.
4. Dispositif selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce qu'une alarme est produite quand l'écart ( $\varepsilon_H$ ,  $\varepsilon_V$ ) devient supérieur au
- 35 seuil.

5. Dispositif selon l'une quelconques des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que les seuils de comparaison sont contenus dans la base de données (22), les deuxièmes moyens de comparaison (27) étant reliés à la base de données (22).

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il n'est pas activé au dessus d'une certaine hauteur.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens lui permettant de comparer son cap avec le cap (32) de la piste (2).

8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les moyens de localisation (21) sont constitués d'un dispositif de navigation standard (41) et d'un récepteur de navigation satellite (42).

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les premiers moyens de comparaison (23), les moyens d'extraction (24) des coordonnées du point de toucher sur la piste, les moyens (25) de calcul du vecteur pente réelle de l'aéronef, les moyens d'extraction (26) du vecteur pente théorique et les deuxièmes moyens de comparaison (27) sont constituées par un calculateur (43).

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la piste (2) est une piste d'atterrissage.

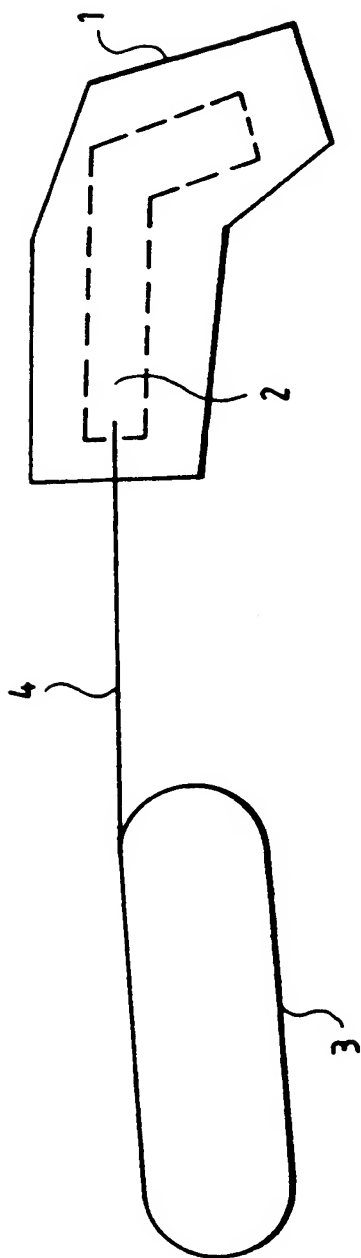


FIG.1

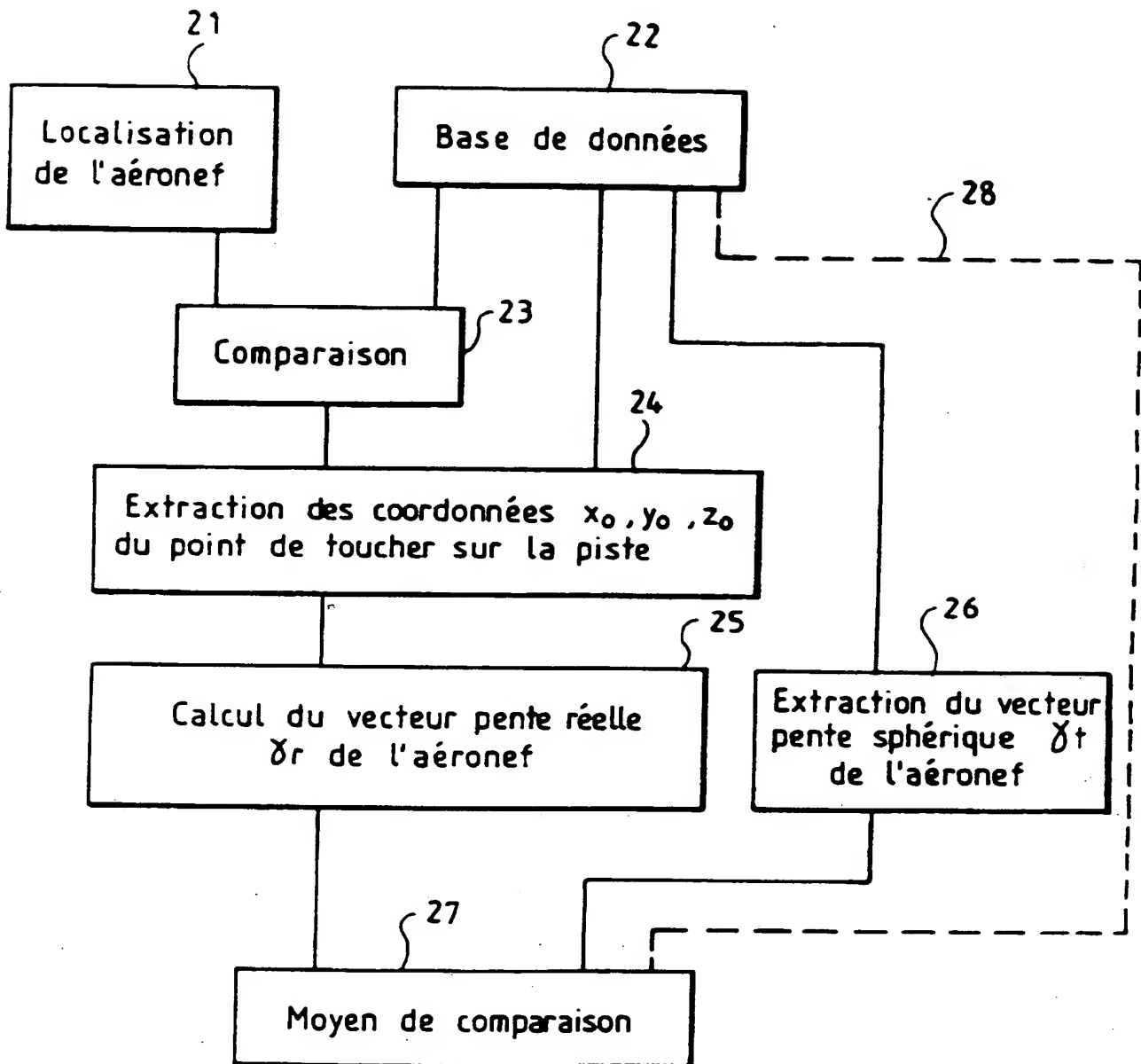


FIG.2

FIG. 3

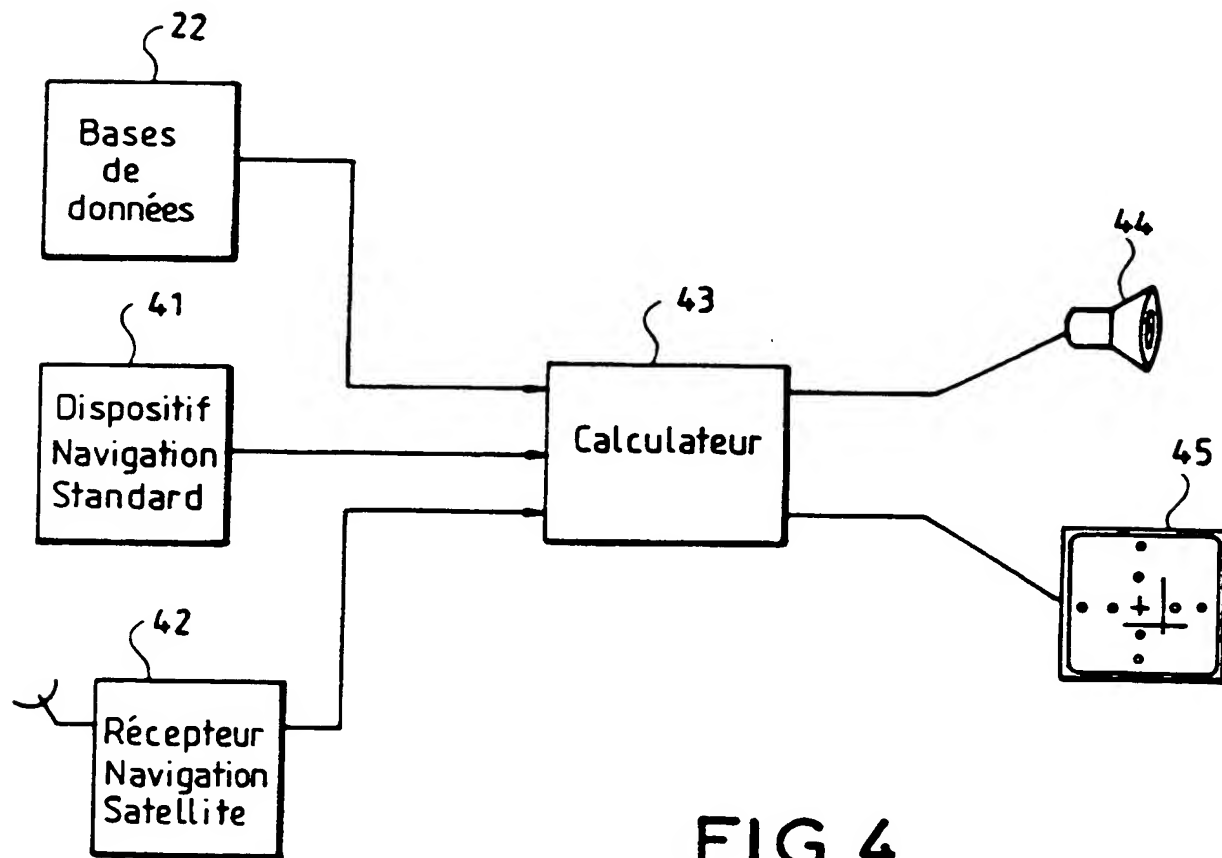
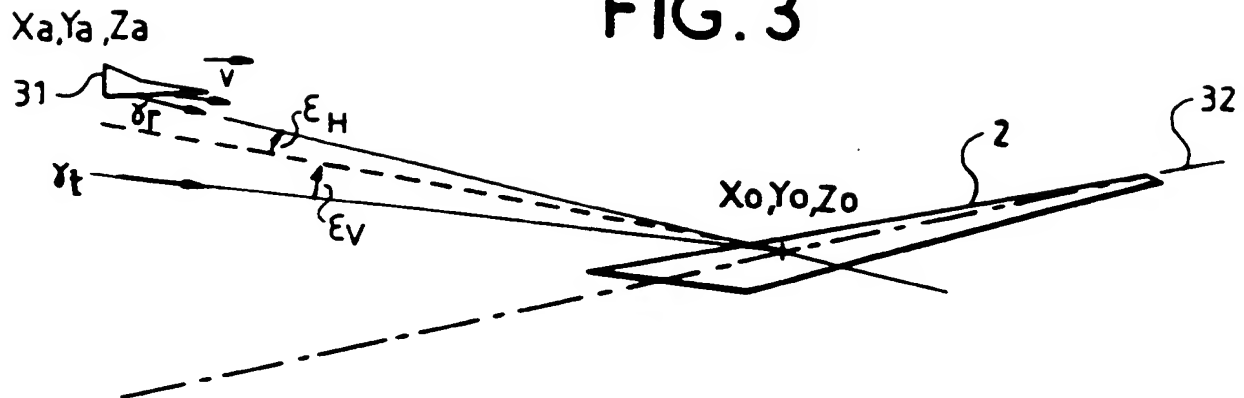


FIG. 4

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FA 499050  
FR 9403343

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	EP-A-0 565 399 (DASSAULT ELECTRONIQUE) * le document en entier * ---	1-10
Y	US-A-3 752 967 (VIETOR) * revendications 1-10 * ---	1-10
Y	US-A-3 922 637 (BATEMAN) * le document en entier * ---	6
A	US-A-4 164 340 (SIMPSON) * le document en entier * -----	1-5
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL.9)
		G08G G01C G05D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
16 Décembre 1994		Reekmans, M
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'un motif une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire I : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

1

EPO FORM 1500 (12.92) (POICLI)

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**